



TUGAS AKHIR - SF 141501

STUDI PANEL *DIFFUSER* DENGAN DAN TANPA LUBANG
BERBENTUK *SQUARE MOZAIK* BERBAHAN DASAR
TEMPURUNG KELAPA MUDA

AWANG KRISNHA TIRTA PAMUNGKAS
NRP 1111 100 066

Dosen Pembimbing I
Drs. Bachtera Indarto, M.Si

Dosen Pembimbing II
Susilo Indrawati, M.Si

DEPARTEMEN FISIKA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - SF 141501

**STUDI PANEL *DIFFUSER* DENGAN DAN TANPA LUBANG
BERBENTUK *SQUARE MOZAIK* BERBAHAN DASAR
TEMPURUNG KELAPA MUDA**

AWANG KRISNHA TIRTA PAMUNGKAS
NRP 1111 100 066

Dosen Pembimbing I
Drs. Bachtera Indarto, M.Si

Dosen Pembimbing II
Susilo Indrawati, M.Si

DEPARTEMEN FISIKA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT - SF 141501

**STUDY OF DIFFUSER PANEL WITH AND WITHOUT HOLES
SHAPED SQUARE MOZAIK BY USING COCONUT SHELL**

AWANG KRISNHA TIRTA PAMUNGKAS
NRP 1111 100 066

Advisor I
Drs. Bachtera Indarto, M.Si

Advisor II
Susilo Indrawati, M.Si

DEPARTMENT OF PHYSICS
Faculty of Mathematics and Natural Science
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PANEL *DIFFUSER* DENGAN DAN TANPA LUBANG BERBENTUK *SQUARE MOZAIK* BERBAHAN DASAR TEMPURUNG KELAPA MUDA

Disusun untuk memenuhi syarat kelulusan
mata kuliah Tugas Akhir Program Strata 1
Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

AWANG KRISNHA TIRTA PAMUNGKAS

NRP. 1111100066

Disetujui oleh Tim Pembimbing Tugas Akhir

Drs. Bachtera Indarto, M.Si

NIP. 196104041991021001

Susilo Indrawati, M.Si

NIP. 1100201301001



()

()

Surabaya, Juli 2017

STUDI PANEL *DIFFUSER* DENGAN DAN TANPA LUBANG BERBENTUK *SQUARE MOZAIK* BERBAHAN DASAR TEMPURUNG KELAPA MUDA

Nama : Awang Krisnha T. P.
NRP : 1111 100 066
Departemen : Fisika FMIPA ITS
Dosen Pembimbing : Drs. Bachtera Indarto, M.Si
: Susilo Indrawati, M.Si

Abstrak

Telah dilakukan penelitian terhadap panel *diffuser* dengan variasi tanpa lubang dan pemberian lubang berbentuk *square mozaik* berbahan dasar tempurung kelapa muda untuk mengetahui nilai koefisien *absorpsi*, pola sebaran dan frekuensi resonansi. Pengukuran dilakukan di laboratorium Instrumentasi Akustik Fisika ITS dengan menggunakan tabung impedansi dan ruang mati. Dari hasil analisa data dan perhitungan diperoleh bahwa tempurung kelapa muda dapat menyerap bunyi dengan baik pada frekuensi rendah dibandingkan pada frekuensi tinggi. Nilai koefisien absorpsi yang didapatkan pada frekuensi 250 Hz adalah 0,42 untuk panel tidak diberi lubang, sedangkan pada variasi pemberian lubang pada panel didapatkan nilai koefisien absorpsi 0,53. Tempurung kelapa muda juga memiliki frekuensi resonansi pada frekuensi tinggi (2000 Hz).

Kata kunci : *diffuser*, *square mozaik*, tempurung kelapa, koefisien *absorpsi*, frekuensi resonansi.

STUDY OF DIFFUSER PANEL WITH AND WITHOUT HOLES SHAPED SQUARE MOZAIK BY USING COCONUT SHELL

Name : Awang Krisnha T. P.
NRP : 1111 100 066
Department : Physics, FMIPA-ITS
Advisor : Drs. Bachtera Indarto, M.Si
: Susilo Indrawati, M.Si

Abstract

Has been done research on panel diffuser with variations without holes and delivery of shaped hole square mozaik based coconut shell to know the absorption value, the scatter and frequency resonance. The experiment done in the ITS Physics Instrumentation Acoustics laboratory using a tube impedance and the anechoic room. From the data analysis and calculation obtained that young kneecap coconut able to absorb the fine at low frequency than in high frequency .The absorption coefficient a raid at the frequency of 250 hz is 0,42 to panel will not be holes , while in the hole variation on panel found the absorption 0,53 value. Coconut shell also having frequencies resonance at high frequencies (2000 Hz).

Key words : resonator, square mozaik, coconut shell, absorption coefficient, frequency resonance.

KATA PENGANTAR

Tugas Akhir (TA) ini disusun untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tugas Akhir ini ditulis dengan judul :

“STUDI PANEL *DIFFUSER* DENGAN DAN TANPA LUBANG BERBENTUK *SQUARE MOZAIK* BERBAHAN DASAR TEMPURUNG KELAPA MUDA”

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang membantu penyusunan laporan Tugas Akhir (TA) dan proses penelitiannya.

1. Kedua orang tua tercinta yang telah memberikan semua hal terbaik bagi penulis sejak kecil sampai dewasa.
2. Kepada saudara-saudara, keluarga dan teman-teman dekat.
3. Bapak Drs. Bachtera Indarto, Ibu Susilo Indrawati, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah membagi pengalaman serta memberikan pengarahan selama proses penelitian dan penyusunan laporan.
4. Kepada teman-teman Fisika ITS yang telah menemani perjalanan penulis selama menjalani studi di Fisika FMIPA ITS.
5. Kepada rekan-rekan Laboratorium Akustik.
6. Serta pihak-pihak lain yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Surabaya, Juni 2017

Penulis
awang.krisnha@gmail.com

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
COVER PAGE	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Permasalahan.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan Laporan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 PerilakuBunyi.....	5
2.2 Absorbsi (penyerapan).....	7
2.3 Refleksi (pemantulan)	8
2.4 Waktu Dengung.....	9
2.5 Tabung Impedansi	11
2.6 Kelapa.....	16
BAB III METODOLOGI	19
3.1 Tahap-tahap Penelitian	19
3.2 Studi Literatur dan Pengenalan Alat.....	20
3.2.1 Ruang Dengung dan Ruang Mati.....	20
3.2.2 <i>Personal Computer</i> danPerangkatLunak Y-Mec.....	20
3.2.3 Bahan Uji	20
3.3 Pengambilan dan Pengolahan Data	22
3.3.1 Pengambilan Data Waktu Dengung.....	22
3.3.2 Pengambilan Data SPL Pola Hamburan	23

3.3.3 Pengambilan Data Frekuensi Resonansi	24
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Data Hasil Pengukuran	25
4.1.1 Data Pengukuran Koefisien Absorpsi	25
4.1.2 Data Pengukuran Pola Sebaran	25
4.1.3 Data Frekuensi Resonansi	27
4.2 Hasil Perhitungan	27
4.2.1 Koefisien Absorpsi	27
4.2.2 Pola Sebaran	29
4.2.3 Frekuensi Resonansi	31
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	33
5.1 Kesimpulan	33
5.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	37
BIOGRAFI PENULIS	61

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data pengukuran koefisien absorpsi bahan uji	25
Tabel 4.2 Data pengukuran SPL ruangan dengan bahan uji.....	26
Tabel 4.3 Data pengukuran frekuensi resonansi bahan uji.....	27
Tabel 4.4 Hasil perhitungan koefisien absorpsi.....	28

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses perambatan bunyi di udara	5
Gambar 2.2 Perilaku bunyi yang mengenai bidang batas	7
Gambar 2.3 Penyerapan bunyi oleh material.....	8
Gambar 2.4 Pemantulan bunyi	9
Gambar 2.5 Kurva peluruhan waktu dengung.....	10
Gambar 2.6 Set Peralatan Tabung Impedansi	11
Gambar 2.7 Skema tabung impedansi	12
Gambar 2.8 Kelapa muda	16
Gambar 3.1 Diagram alir metodologi penelitian	19
Gambar 3.2 Denah ruang uji	20
Gambar 3.3 Skema pembuatan bahan uji	21
Gambar 3.4 Bahan uji.....	21
Gambar 3.5 Bahan uji yang diberi lubang.....	22
Gambar 3.6 Bahan uji $10 \times 10 \text{ cm}^2$	23
Gambar 3.7 Pengambilan data dengan bahan uji	24
Gambar 4.1 Grafik sebaran SPL dalam ruangan dengan bahan uji.	29
Gambar 4.2 Perbandingan grafik sebaran SPL pada dua frekuensi uji.....	30
Gambar 4.3 Grafik frekuensi resonansi.....	32

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A DATA HASIL PENGUKURAN	37
LAMPIRAN B GRAFIK.....	43
LAMPIRAN C PENURUNAN RUMUS α	53

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa adalah anggota tunggal dalam marga *Cocos* dari suku aren-arenan atau *Arecaceae*. Tumbuhan ini dimanfaatkan hampir semua bagiannya oleh manusia sehingga dianggap sebagai tumbuhan serbaguna, terutama bagi masyarakat pesisir. Tumbuhan yang umumnya banyak di daerah-daerah pesisir ini tersebar di seluruh wilayah Indonesia.

Pemanfaatan kelapa sangat banyak oleh masyarakat Indonesia mulai dari kayu, daun, bunga hingga buahnya. Buah kelapa adalah bagian yang memiliki nilai ekonomi paling tinggi, namun dalam pemanfaatannya juga dapat menyumbang limbah paling banyak. Buah kelapa yang biasa dimanfaatkan sebagai bahan makanan atau minuman ini menyisakan limbah berupa kulit dan tempurung kelapa.

Tempurung kelapa yang sering hanya dibuang dan menjadi sampah ini sebagian bisa dimanfaatkan untuk menjadi arang. Ada juga pengrajin yang sudah bisa memanfaatkan menjadi kerajinan-kerajinan tangan untuk ornamen dan pajangan ataupun barang yang dapat digunakan sehari-hari seperti cangkir atau sendok nasi.

Sekarang ini telah ada pemanfaatan tempurung kelapa berupa *cocomozaic* untuk dekorasi didalam ruangan. Namun dalam pemanfaatan ini tidak disertai dengan penelitian lebih lanjut untuk fungsi akustik dari pemanfaatan tersebut. Pada penelitian Dwiyanti (2017) dilakukan pengujian pada tempurung kelapa muda dengan variasi bentuk *concave-convex*, diperoleh nilai koefisien hamburan 0,99 pada frekuensi 4000 Hz. Begitu juga dengan penelitian Indrawati (2016) mengenai bentuk difuser yang terbuat dari tempurung kelapa muda, diperoleh koefisien absorpsi bentuk *convex* sebesar 0,7 sedangkan bentuk *concave* sebesar 0,3 pada frekuensi 1000 Hz.

Dalam penelitian tugas akhir ini akan dibuat suatu panel akustik menyerupai *cocomozaic* dengan bahan dasar tempurung kelapa muda. Pemilihan tempurung kelapa muda ini dilakukan karena masih kurang dalam pemanfaatannya. Panel yang nantinya telah dibuat kemudian akan dilakukan pengujian secara ilmu akustik.

1.2 Rumusan Permasalahan

Rumusan masalah yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana cara membuat resonator dengan bahan dasar tempurung kelapa muda.
2. Bagaimana cara melakukan pengujian terhadap resonator dengan bahan dasar tempurung kelapa muda.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Dimensi kulit kelapa yang digunakan 4,5×4,5 cm.
2. Luasan difuser berukuran 54×54 cm.
3. Pengukuran dilakukan di laboratorium instrumentasi akustik jurusan Fisika ITS.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Menentukan nilai α dari resonator yang digunakan.
2. Menentukan pola sebaran bunyi resonator.
3. Menentukan frekuensi resonansi dari resonator.

1.5 Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah mempelajari serta mengetahui karakteristik dari tempurung kelapa muda yang dibuat menjadi sebuah panel difuser dalam bentuk mozaik.

1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Sistematika penulisan tugas akhir ini, tersusun dalam lima bab yaitu :

Bab 1: Pendahuluan

Berisi latar belakang masalah, maksud dan tujuan, perumusan masalah dan manfaat tugas akhir.

Bab 2: Tinjauan Pustaka

Berisi mengenai kajian pustaka yang digunakan pada tugas akhir.

Bab 3: Metodologi Penelitian

Berisi tentang metode dan tahap pengambilan data.

Bab 4: Hasil dan Pembahasan

Berupa hasil data yang diperoleh, serta analisa yang dilakukan.

Bab 5: Kesimpulan

Berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

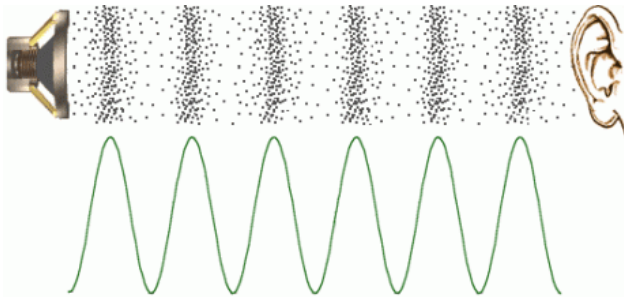
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perilaku Bunyi

Bunyi pada dasarnya memiliki dua definisi yaitu secara fisis dan secara fisiologis. Bunyi secara fisis didefinisikan “penyimpangan tekanan, pergeseran partikel dalam medium elastik yaitu udara”. Bunyi secara fisiologis dapat didefinisikan “sensasi pendengaran yang disebabkan penyimpangan fisis saat terjadi pergeseran partikel dalam medium elastik yaitu udara”. Telinga normal seseorang dapat mendengar bunyi pada jangkauan sekitar 20 Hz sampai 20.000 Hz.

Proses terdengarnya suatu bunyi akan terjadi bila sumber bunyi mengalami pergetaran yang menyebabkan udara di sekitar mengalami pergetaran udara sehingga medium bunyi dapat membawa energi yang akhirnya getaran tersebut diterima oleh telinga kita.



Gambar 2.1 Proses perambatan bunyi di udara

Seperti definisi bunyi secara fisis, bunyi yang dapat didengar oleh telinga manusia pada frekuensi 1000 Hz tekanannya harus berada pada selang 20 μ Pa sampai sekitar 100 Pa. Diluar jangkauan tekanan tersebut bunyi tidak dapat ditangkap oleh telinga dikarenakan akan menimbulkan rasa sakit pada telinga manusia. Dari penjelasan tersebut, berarti terdapat selang sebesar

10^7 Pa. Karena selang tersebut sangat lebar maka dipikirkanlah skala lain untuk menyatakan tekanan bunyi yang diukur dalam skala logaritmik yang disebut tingkat tekanan bunyi atau SPL (*Sound Pressure Level*).

Nilai SPL ini adalah nilai logaritmik dari tekanan bunyi yang diukur relatif terhadap tekanan bunyi referensinya, secara matematis dapat diberikan dengan persamaan sebagai berikut (Prasetio, 2003) :

$$SPL = 20 \log \frac{P}{P_{ac}} \text{ dB} \quad (2.1)$$

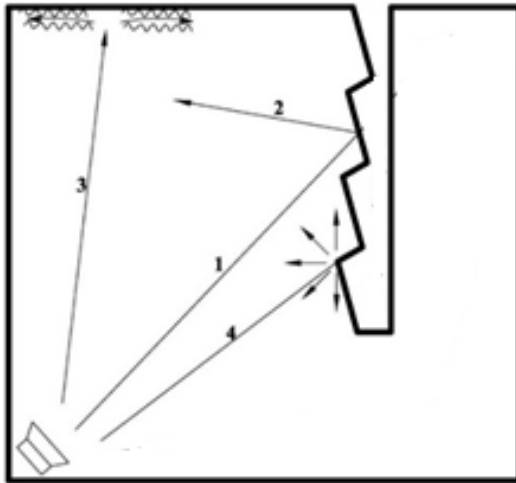
atau

$$SPL = 10 \log \frac{P^2}{P_{ac}^2} \text{ dB} \quad (2.2)$$

Dengan :

- SPL : Tingkat tekanan bunyi (dB),
- P : Tekanan bunyi yang diukur (Pa),
- P_{ac} : Tekanan bunyi acuan yang besarnya $2 \cdot 10^{-5}$ Pa, yaitu besarnya tekanan bunyi terlemah berfrekuensi 1000 Hz yang masih dapat didengar telinga manusia pada umumnya.

Gelombang bunyi memiliki sifat yang hampir sama dengan gelombang cahaya, yaitu dapat memantul sesuai Hukum Snellius ketika melewati bidang datar dan memantul tidak beraturan bila mengenai objek dengan permukaan tidak teratur, serta terserap dan diteruskan atau ditransmisikan saat mengenai objek yang terbuat dari material tertentu. Ketika mengenai objek yang memiliki celah, gelombang cahaya maupun bunyi akan berusaha menerobosnya.

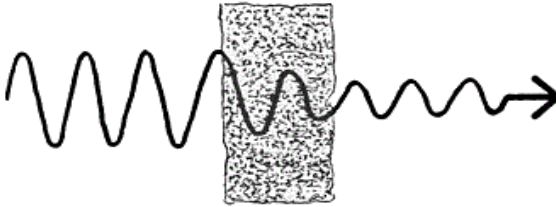


Gambar 2.2 Perilaku bunyi yang mengenai bidang batas

Diatas adalah gambar ilustrasi perilaku bunyi ketika mengenai objek atau suatu bahan penghalang.

2.2 Absorpsi (penyerapan)

Efisiensi penyerapan bunyi pada frekuensi tertentu disebut koefisien penyerapan bunyi. Koefisien penyerapan bunyi adalah bagian dari energi gelombang bunyi yang diserap atau tidak dipantulkan oleh permukaan. Koefisien ini dinyatakan dalam huruf α (*alfa*) yang bernilai antara 0-1. Contoh pada 500 Hz bila bahan akustik menyerap 65% dari energi bunyi datangan memantulkan 35% energi bunyi tersebut, maka koefisien penyerapan bunyi bahan ini adalah 0,65. Nilai koefisien penyerapan bunyi bergantung pada frekuensi. Dengan kata lain ada kemungkinan terdapat perbedaan nilai koefisien penyerapan suatu bahan di tiap frekuensi (Leslie, 1972).



Gambar 2.3 Penyerapan bunyi oleh material

Koefisien absorpsi (α) suatu bahan adalah bagian dari energi bunyi datang yang di absorpsi atau tidak direfleksikan oleh permukaan, yang secara matematis dapat ditulis sebagai :

$$\alpha = \frac{\text{Energi yang diserap}}{\text{Energi yang datang}} \quad (2.3)$$

Untuk bahan di dalam ruangan dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\alpha = 0,16 \frac{V}{A} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (2.4)$$

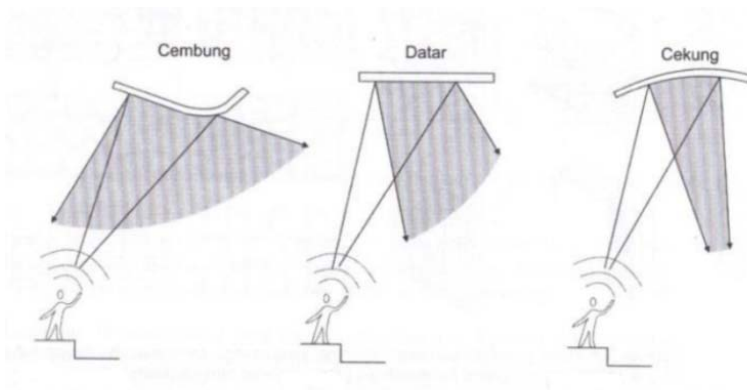
Dengan :

- α : Koefisien absorpsi
- V : Volume ruangan (m^3)
- A : Luasan bahan absorber (m^2)
- T_2 : Waktu dengung ruangan ketika ada bahan
- T_1 : Waktu dengung ruangan ketika tak ada bahan

2.3 Refleksi (pemantulan)

Permukaan yang keras, tegar, dan rata seperti beton, bata, batu, plester, atau gelas, memantulkan hampir semua energi bunyi yang jatuh padanya. Gejala pemantulan bunyi ini hampir sama dengan pemantulan cahaya, (gelombang bunyi pada Gambar 2.2)

karena bunyi datang dan pantul terletak dalam bidang datar sama dan sudut gelombang bunyi datang sama dengan sudut gelombang bunyi pantul (Hukum Snellius). Pemantulan bunyi hanya berlaku jika panjang gelombang bunyi lebih kecil dari ukuran permukaan pemantul. Ini berarti bahwa penggunaan harus diperkirakan dengan cermat untuk bunyi dengan frekuensi rendah.

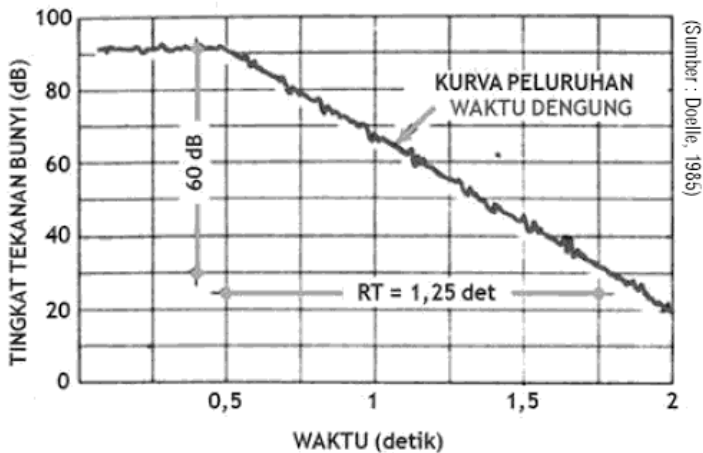


Gambar 2.4 Pemantulan bunyi

Permukaan pemantul cembung cenderung menyebarkan gelombang bunyi dan permukaan pemantul cekung cenderung mengumpulkan gelombang bunyi pantul dalam ruangan (Leslie, 1972).

2.4 Waktu Dengung

Salah satu faktor dalam menentukan kualitas akustika ruangan adalah waktu dengung dari suatu ruangan tersebut (RT_{60}). RT_{60} adalah waktu yang dibutuhkan bunyi untuk meluruh sebanyak 60 dB.



Gambar 2.5 Kurva peluruhan waktu dengung

Saat waktu dengung pendek pada suatu ruangan maka ruangan tersebut adalah ruangan “mati” sebaliknya, jika terdapat waktu dengung yang panjang didalam suatu ruangan maka ruangan tersebut di sebut ruangan “hidup”. Waktu dengung dalam suatu ruangan dapat diprediksi dengan menggunakan persamaan Sabine

$$RT_{60} = \frac{0,16 V}{\sum(S\alpha)} \quad (2.5)$$

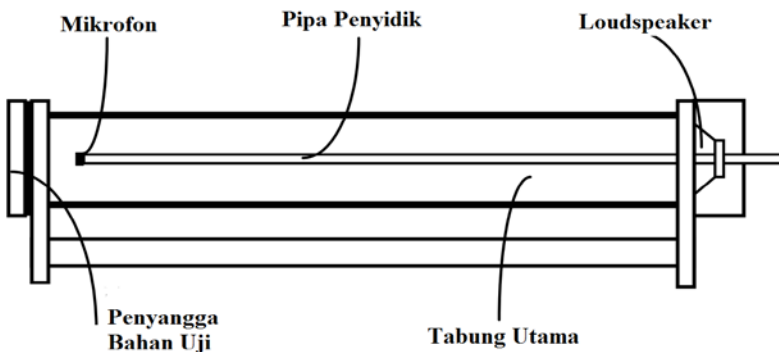
Dimana RT_{60} adalah waktu dengung, V adalah volume dari ruangan (m^3), s adalah luasan area permukaan ruang (m^2), α adalah rata-rata koefisien serap ruang $S\alpha$. Dari persamaan diatas dapat dilihat bahwa volume ruang memiliki pengaruh dalam menentukan waktu dengung suatu ruang.

2.5 Tabung Impedansi

Prinsip dasar metode Tabung Impedansi adalah refleksi, absorpsi dan transmisi gelombang bunyi oleh permukaan bahan pada suatu ruang tertutup, dimana bahan tersebut digunakan 2 untuk melapisi permukaan dinding ruang tertutup.

Tabung impedansi memiliki banyak versi dari bentuk silinder atau ukuran material sampel yang akan diuji. Pengukuran dilakukan dengan frekuensi band oktaf.

Tabung impedansi yang digunakan pada metode ini dibagi dalam beberapa bagian, yaitu bagian tabung dan pipa penyidik, bagian penyangga bahan uji, bagian pembangkit bunyi, dan bagian penerima bunyi. Lebih jelasnya perhatikan Gambar 2.6 dibawah ini



Gambar 2.6 Set Peralatan Tabung Impedansi.

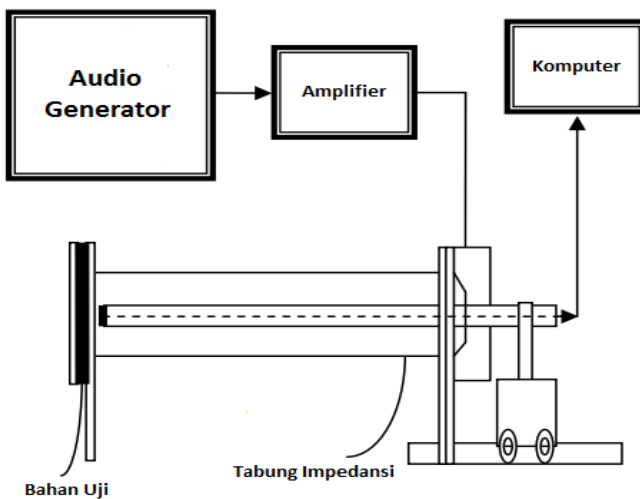
Gambar 2.6 menunjukkan set peralatan tabung impedansi lengkap dengan bagian-bagiannya.

Tabung harus memiliki penampang lintang berbentuk lingkaran sempurna dan tidak boleh bengkok, tabung harus diletakkan mendatar dengan penyangga yang kokoh. Pada bagian ini pipa penyidik dipasang di dalam tabung tepat di tengah lingkaran lubang tabung. Pipa penyidik harus lurus dan tidak boleh melengkung. Bagian penyangga bahan uji (specimen)

berbentuk lempengan dengan lebar minimal sama dengan diameter tabung. Bagian ini diletakkan di depan pipa penyelidik dengan suatu *backing material* (bahan penyokong) untuk merekatkan specimen. Pemasangan penyangga specimen pada tabung harus benar-benar rapat.

Bagian pembangkit bunyi terdiri dari *audio generator*, *amplifier*, dan *loudspeaker*. Pada bagian ini *loudspeaker* diletakkan di ujung belakang tabung, dengan membran *loudspeaker* tepat pada lubang tabung. *Loudspeaker* harus ditutup rapat sampai bunyi yang dikeluarkannya tidak bocor (terdengar keras dari bagian belakang).

Bagian penerima bunyi merupakan mikrofon yang dihubungkan ke *amplifier*, untuk diteruskan ke filter gelombang dan ke *audio system analyzer*. Dalam hal ini filter gelombang dan *audio system analyzer* dapat diganti dengan suatu komputer yang mempunyai *software* yang mampu membaca nilai keluaran yang ditangkap oleh mikrofon. Mikrofon direkatkan di ujung pipa penyelidik di dalam tabung.



Gambar 2.7 Skema tabung impedansi

Gambar 2.7 adalah skema tabung impedansi untuk mengukur daya isolasi bahan.

Prinsip dasar metode tabung impedansi adalah perambatan gelombang di dalam tabung tertutup. Misalkan saja tekanan gelombang bunyi yang diterima mikrofon secara langsung dari loudspeaker dinyatakan dengan persamaan:

$$P_i = A \sin(\omega t + kx) \quad (2.6)$$

Dengan A merupakan Amplitudo gelombang datang yang mempunyai $\omega = 2\pi f$. Dan bila ada gelombang yang dipantulkan maka:

$$P_r = B \sin(\omega t - kx - kl - \theta) \quad (2.7)$$

Maka diperoleh tekanan bunyi total di titik M(ujung probe mikrofon) adalah

$$P = A \sin(\omega t + kx) + B \sin(\omega t - kl - kx - \theta) \quad (2.8)$$

Besarnya tekanan gelombang bunyi total tersebut dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

Dimisalkan:

$$\vec{A} = A \sin(\omega t + kx)$$

$$\vec{B} = B \sin(\omega t - kl - kx - \theta),$$

maka penjumlahan vektornya adalah:

$$\vec{P} = \vec{A} + \vec{B}$$

Sehingga

$$\begin{aligned} |\vec{P}|^2 &= |\vec{A} + \vec{B}|^2 = A^2 + B^2 + 2AB \cos \alpha \\ &= A^2 + B^2 + 2AB \cos[(\omega t + kx) - (\omega t - kl - kx - \theta)], \end{aligned}$$

Maka

$$|\vec{A} + \vec{B}|^2 = A^2 + B^2 + 2AB\cos(2kx + kl + \theta)$$

Dengan α = beda fasa antara \vec{A} dan \vec{B}

Dengan demikian

$$|\vec{P}| = [A^2 + B^2 + 2AB\cos(2kx + kl + \theta)]^{1/2} \quad (2.9)$$

Maka dari persamaan (2.9) Terlihat bahwa tekanan bunyi maksimum terjadi bila harga $\cos(2kx + kl + \theta) = 1$, sehingga:

$$P_{max} = [A^2 + B^2 + 2AB]^{1/2} = A + B \quad (2.10)$$

Tekanan minimum terjadi bila harga $(2kx + kl + \theta) = -1$ dan:

$$P_{min} = [A^2 + B^2 - 2AB]^{1/2} = A - B \quad (2.11)$$

Dengan A=amplitude gelombang datang, dan B=amplitude gelombang pantul.

Bila P_{min} ditambahkan ke P_{max} , maka:

$$P_{min} + P_{max} = 2A$$

Atau

$$A = 1/2(P_{min} + P_{max}) \quad (2.12)$$

Bila P_{min} dikurangkan ke P_{max} , maka:

$$P_{min} - P_{max} = 2B$$

Atau

$$B = 1/2(P_{min} - P_{max}) \quad (2.13)$$

Diketahui bahwa rumus koefisien absorpsi normal adalah:

$$\alpha_n = \frac{A^2 - B^2}{A^2} \quad (2.14)$$

Substitusi harga A dan B dari persamaan (2.12) dan (2.13) ke (2.14), Maka didapatkan:

$$\begin{aligned} \alpha_n &= \frac{[1/2(P_{min} + P_{max})]^2 - [1/2(P_{min} - P_{max})]^2}{[1/2(P_{min} + P_{max})]^2} \\ \alpha_n &= \frac{P_{max}^2 + 2P_{max} P_{min} + P_{min}^2 - P_{max}^2 + 2P_{max} P_{min} - P_{min}^2}{[(P_{min} + P_{max})]^2} \\ \alpha_n &= \frac{4P_{max} P_{min}}{[(P_{min} + P_{max})]^2} \end{aligned} \quad (2.15)$$

Berdasarkan prinsip perambatan gelombang di dalam tabung tertutup, terdapat tingkat tekanan bunyi maksimum (SPL_{max}) dan minimum (SPL_{min}) pada jarak tertentu di dalam tabung, yang dapat diperoleh dengan mengubah-ubah posisi mikrofon terhadap bahan uji, sehingga selisih tingkat tekanan bunyi yang ditangkap mikrofon dapat dicari menggunakan persamaan (2.1) dan diperoleh:

$$L_p = 20 \log \frac{P}{P_{ref}} \text{dB} \quad (2.16)$$

$$L_{p_{max}} - L_{p_{min}} = 20 \log \frac{P}{P_{ref}}$$

$$\frac{P_{max}}{P_{min}} = \log^{-1} \left(\frac{L_{p_{max}} - L_{p_{min}}}{20} \right)$$

Bila dituliskan, $L = (L_{p_{max}} - L_{p_{min}})$

$$\frac{P_{max}}{P_{min}} = \log^{-1} \left(\frac{L}{20} \right) \quad (2.17)$$

Dengan menguraikan persamaan-persamaan tersebut maka akan didapatkan koefisien absorpsi normal sebesar:

$$\alpha = 1 - \left(\frac{\log^{-1}(\frac{L}{20}) - 1}{\log^{-1}(\frac{L}{20}) + 1} \right)^2 \quad (2.18)$$

Dengan :

α : Koefisien absorpsi
 L : Δ SPL (dB)

Persamaan (2.18) menyatakan hubungan antara koefisien absorpsi normal dengan perbedaan tingkat tekanan bunyi maksimum dan minimum.

2.6 Kelapa

Kelapa (*Cocos nucifera*) adalah anggota tunggal dalam marga *Cocos* dari suku aren-arenan atau Arecaceae. Tumbuhan ini dimanfaatkan hampir semua bagiannya oleh manusia sehingga dianggap sebagai tumbuhan serbaguna, terutama bagi masyarakat pesisir.



Gambar 2.8 Kelapa muda

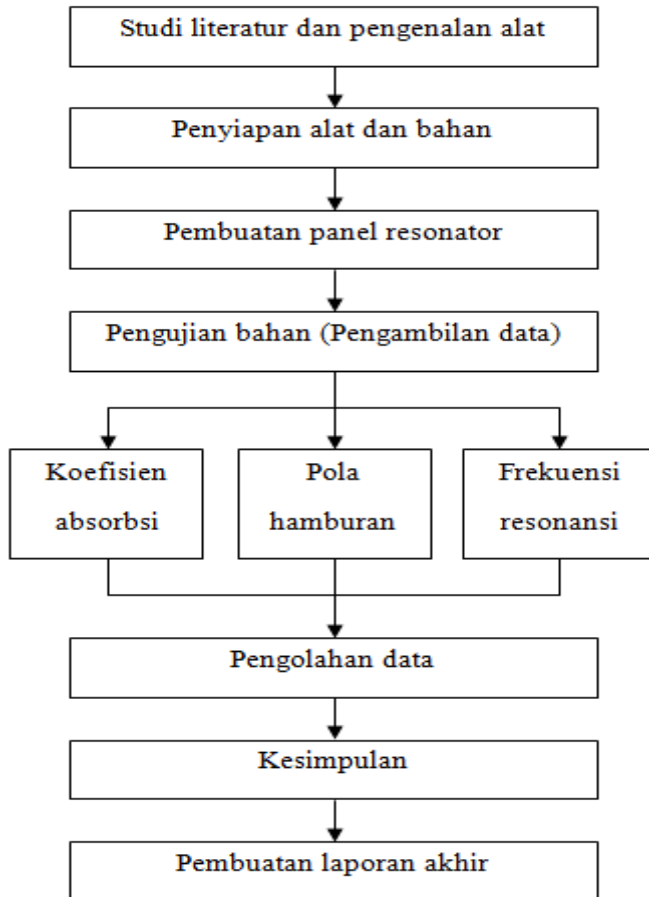
Kelapa juga adalah pohon serba guna bagi masyarakat tropika. Hampir semua bagiannya dapat dimanfaatkan orang. Mulai dari kayu, daun, tangkai anak daun, tandan bunga, hingga buahnya yang paling bernilai ekonomi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Tahap-tahap Penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian yang dilakukan ditampilkan dalam bentuk diagram alir seperti pada Gambar 3.1.



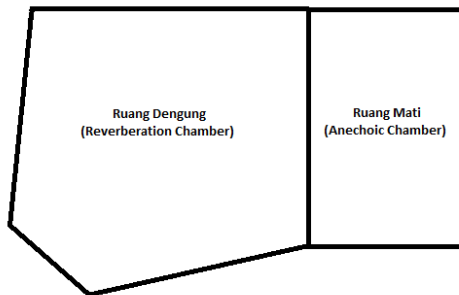
Gambar 3.1 Diagram alir metodologi penelitian

3.2 Studi Literatur dan Pengenalan Alat

Studi literature dilakukan untuk mengetahui segala sesuatu yang berhubungan dengan materi untuk menunjang pengerjaan Tugas Akhir ini. Beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk menunjang Tugas akhir ini antara lain waktu dengung, koefisien absorpsi, dan pola hamburan bunyi.

3.2.1 Ruang Dengung dan Ruang Mati

Pengambilan data untuk penelitian tugas akhir ini akan dilakukan pada dua kondisi, pertama dalam ruangan yang memiliki kemampuan memantulkan bunyi dan dalam ruangan yang dapat meyerap bunyi.



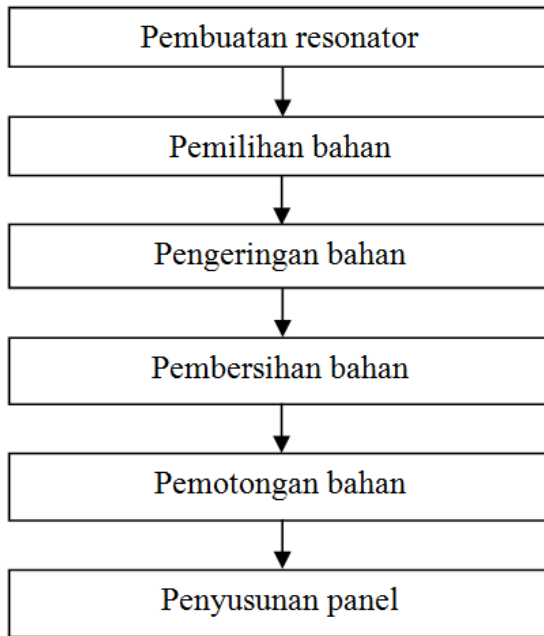
Gambar 3.2 Denah ruangan uji

3.2.2 *Personal Computer* dan Perangkat Lunak Y-Mec

Yoshimasa Electronic (Y-Mec) merupakan perangkat lunak yang didalamnya memiliki berbagai aplikasi misalnya *Realtime Analyzer*. Pada *Realtime Analyzer* terdapat tool-tool yang salah satunya yaitu *Signal Generator*, *FFT Analyzer* dan *Impulse Respons*. Signal generator digunakan sebagai pembangkit sumber bunyi berupa *White Noise*.

3.2.3 Bahan Uji

Dalam percobaan ini digunakan tempurung kelapa berbentuk persegi dengan ukuran $4,5 \times 4,5$ cm yang di tempelkan pada panel dari tripleks dengan ukuran 54×54 cm.



Gambar 3.3 Skema pembuatan bahan uji



Gambar 3.4 Bahan uji



Gambar 3.5 Bahan uji yang diberi lubang

Kedua gambar diatas adalah gambar bahan yang digunakan dalam pengujian ini. Pada Gambar 3.5 adalah gambar bahan uji yang tidak dilubangi, sedangkan pada Gambar 3.6 adalah bahan uji yang diberi lubang.

3.3 Pengambilan dan Pengolahan Data

3.3.1 Pengambilan Data Koefisien Absorpsi

Pengukuran koefisien absorpsi ini dilakukan dengan menggunakan tabung impedansi yang dimiliki oleh Laboratorium Instrumentasi Akustik. Bahan yang di uji menggunakan ukuran $10 \times 10 \text{ cm}^2$ untuk menyesuaikan dengan tabung impedansi yang akan digunakan.



Gambar 3.6 Bahan uji $10 \times 10 \text{ cm}^2$

Dari pengukuran tersebut didapatkan data berupa nilai SPL Maksimal dan SPL Minimal yang kemudian akan dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan (2.6) untuk mencari nilai koefisien absorpsi (α) dari bahan uji tersebut.

3.3.2 Pengambilan Data SPL Pola Sebaran

Untuk pengukuran SPL pola sebaran ini juga dilakukan di Laboratorium Instrumentasi Akustik Departemen Fisika ITS. Namun untuk pengukuran SPL ini dilakukan di ruang mati, dimana ruangan tersebut memiliki daya redam sehingga suara yang dihasilkan sumber diasumsikan tidak akan dipantulkan oleh dinding ruangan.

Pengukuran SPL dilakukan tiap 10° pada sudut 0° - 180° terhadap titik uji. Pengukuran dilakukan untuk ruangan tanpa bahan uji, ruangan diisi bahan uji dan ruangan diisi bahan uji yang diberi lubang. Letak titik uji, *mikrophone* dan *speaker* berada pada satu garis lurus ditengah-tengah dari lebar ruangan uji. Sedangkan panjang ruangan uji dibagi menjadi lima bagian, titik bagi

pertama menjadi letak titik uji, titik bagi kedua menjadi letak *mikrophone* dan titik bagi ketiga menjadi letak sumber suara atau *speaker*.



Gambar 3.7 Pengambilan data dengan bahan uji

Dari pengukuran ini akan didapatkan nilai SPL dari tiap sudut untuk ruangan tanpa bahan uji, ruangan diisi bahan uji dan ruangan diisi bahan uji yang diberi lubang.

3.3.3 Pengambilan Data Frekuensi Resonansi

Pengambilan data frekuensi resonansi ini dilakukan seperti pengambilan data pola hamburan tetapi hanya dilakukan pada satu sudut saja. Pengambilan data ini dilakukan pada sudut 90° terhadap titik uji.

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengukuran

Pengukuran yang dilakukan ini terdiri dari tiga macam pengukuran yaitu koefisien absorpsi, pola hamburan dan frekuensi resonansi.

4.1.1 Data Pengukuran Koefisien Absorpsi

Dari pengukuran koefisien absorpsi yang dilakukan dengan menggunakan tabung impedansi, maka didapatkan data seperti pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Data pengukuran koefisien absorpsi bahan uji

Freq.	Tingkat tekanan bunyi (dB)	
	SPL Max	SPL Min
125 Hz	124,9	104,2
250 Hz	127,6	110,3
500 Hz	127,2	90,6
1000 Hz	128,4	104,4
2000 Hz	125,6	84,0
4000 Hz	127,8	88,6

Dari hasil pengukuran tersebut kita mendapatkan nilai SPL maksimal dan minimal untuk tiap frekuensi uji.

4.1.2 Data Pengukuran Pola Sebaran

Pada pengukuran pola sebaran bunyi didapatkan data SPL tiap sudut dengan variasi frekuensi mulai 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz dan 4000 Hz.

Tabel 4.2 Data pengukuran SPL ruangan dengan bahan uji

Sudut	SPL (dB)					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0°	40,9	60,0	92,5	92,3	94,6	80,2
10°	41,6	61,9	92,9	95,6	84,8	78,2
20°	39,1	62,5	87,7	98,1	92,9	79,2
30°	41,0	62,9	94,1	96,2	91,0	78,6
40°	43,4	64,9	96,9	95,2	94,3	71,2
50°	44,6	65,2	96,4	96,6	94,2	73,8
60°	46,0	64,1	92,3	100,9	92,2	82,8
70°	46,9	66,0	97,5	103,5	94,0	86,1
80°	46,2	67,8	100,5	98,0	103,3	80,0
90°	40,8	61,9	95,4	94,9	100,9	92,7
100°	47,5	63,8	100,0	99,4	103,6	87,3
110°	47,3	58,5	99,5	103,6	98,7	89,7
120°	47,8	60,2	96,4	102,8	99,9	87,1
130°	46,5	63,9	93,6	98,2	96,9	81,6
140°	45,4	63,4	97,4	97,4	98,1	84,3
150°	42,9	59,7	97,6	97,4	94,9	81,9
160°	42,4	59,9	91,7	99,5	95,5	82,8
170°	39,0	61,9	91,7	93,0	93,3	80,8
180°	44,6	63,5	92,7	93,3	93,2	81,5

Tabel 4.2 diatas merupakan data hasil pengukuran nilai SPL pada tiap sudut dan untuk masing-masing frekuensi uji untuk keadaan ruangan terdapat bahan uji.

4.1.3 Data Frekuensi Resonansi

Frekuensi resonansi ini kita hanya mengukurnya dari satu titik uji yaitu tepat di depan bahan atau dengan sudut 90° . Digunakan sudut yang sama juga untuk tiap frekuensi yang diujikan. Dilakukan pengukuran yang sama juga pada variasi bahan uji.

Tabel 4.3 Data pengukuran frekuensi resonansi bahan uji

Kadaan	SPL (dB)					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
1	40,9	62,2	92,9	96,6	96,8	88,9
2	40,8	61,8	95,3	94,9	100,8	92,6
3	40,7	61,8	93,6	94,1	99,4	90,3

Data diatas menunjukkan nilai SPL pada tiap frekuensi uji dan pada tiga keadaan pengujian. Pada keadaan pertama adalah pengambilan data SPL dalam ruangan tanpa ada bahan uji, sedangkan pada keadaan dua adalah pengambilan data ketika didalam ruangan terdapat bahan uji dan untuk keadaan ketiga adalah data saat bahan uji di beri lubang.

4.2 Hasil Perhitungan

Data yang didapatkan dari ketiga percobaan yang telah dilakukan kemudian dilakukan perhitungan untuk tiap percobaan.

4.2.1 Koefisien Absorbsi

Untuk mencari nilai koefisien absorpsi dilakukan perhitungan menggunakan persamaan (2.6). Berikut adalah contoh dari perhitungan :

$$\alpha = 1 - \left(\frac{\log^{-1}\left(\frac{L}{20}\right) - 1}{\log^{-1}\left(\frac{L}{20}\right) + 1} \right)^2$$

$$\alpha = 1 - \left(\frac{\log^{-1}\left(\frac{20,71}{20}\right) - 1}{\log^{-1}\left(\frac{20,71}{20}\right) + 1} \right)^2$$

$$\alpha = 1 - \left(\frac{9,85}{11,85} \right)^2$$

$$\alpha = 0,31$$

Pada contoh perhitungan diatas didapatkan nilai α sebesar 0,31, ini berarti 31% suara dari sumber bunyi terserap oleh bahan uji sedangkan 69% sisanya akan dipantulkan atau diteruskan.

Dengan dilakukan perhitungan pada tiap data pengukuran yang didapatkan dan pada tiap variasi pengukuran maka diperoleh nilai koefisien absorpsi pada kedua variasi seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.4 Hasil perhitungan koefisien absorpsi

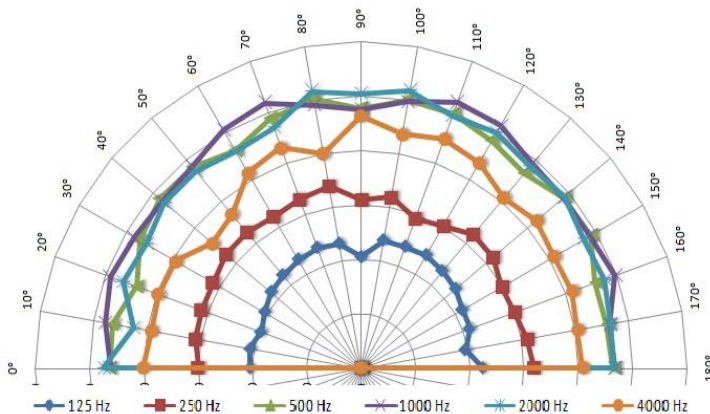
Freq.	α 1	α 2
125 Hz	0,31	0,08
250 Hz	0,42	0,53
500 Hz	0,06	0,12
1000 Hz	0,22	0,53
2000 Hz	0,03	0,13
4000 Hz	0,04	0,09

Untuk α 1 adalah nilai koefisien absorpsi bahan uji di setiap frekuensi uji, sedangkan α 2 adalah nilai koefisien absorpsi untuk bahan uji yang diberi variasi lubang.

Dari tabel hasil perhitungan diatas dapat dilihat bahwa bahan uji dapat menyerap bunyi pada frekuensi 125 Hz, 250 Hz dan 1000 Hz. Sedangkan pada frekuensi 500 Hz, 2000 Hz dan 4000 Hz daya serap bahan uji ini sangat kecil. Sedangkan saat bahan uji diberi variasi lubang, koefisien absorpsinya meningkat di frekuensi 250 Hz dan 1000 Hz. Untuk frekuensi 125 Hz yang awalnya memiliki nilai 0,31 menjadi 0,08 ketika bahan diberi lubang. Namun sebaliknya pada frekuensi 1000 Hz nilainya berubah dari 0,22 bertambah menjadi 0,53.

4.2.2 Pola Sebaran

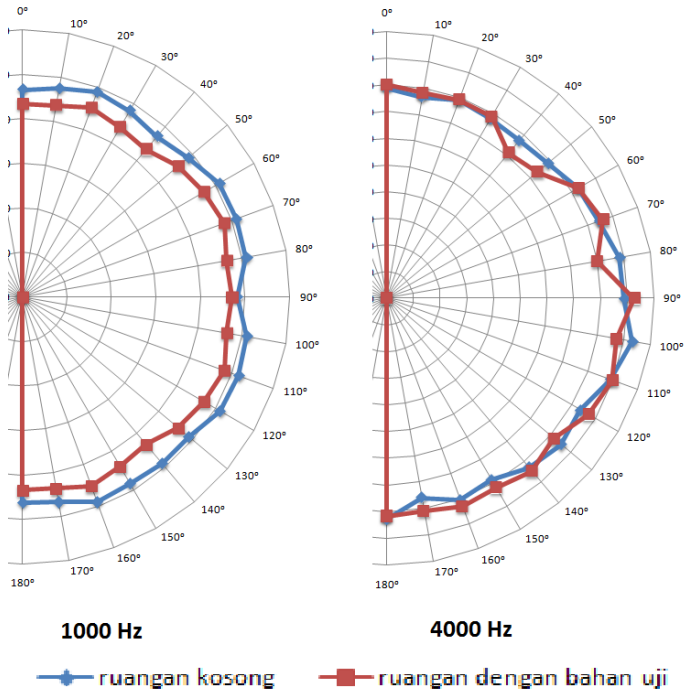
Pada data pola sebaran yang didapatkan berupa SPL dalam (dB), kemudian dilakukan pembuatan grafik untuk mengetahui pola sebaran dari tiap keadaan.



Gambar 4.1 Grafik sebaran SPL dalam ruangan dengan bahan uji

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa pola sebaran bunyi di tiap frekuensi dan tiap sudutnya memiliki berbeda-beda. Tiap-tiap sudut atau titik uji memiliki nilai yang beragam walaupun menggunakan sumber suara yang sama dan tetap. Misalnya pada frekuensi 4000 Hz, tampak garis pada grafiknya

tidak sama antara sisi kanan dan kiri. Pada sudut 40° , 50° dan 80° terdapat cekungan yang berarti nilai SPL pada ketiga titik tersebut lebih rendah daripada titik-titik disebelahnya. Begitu juga pada frekuensi uji lain terdapat nilai-nilai yang berbeda pula



Gambar 4.2 Perbandingan grafik sebaran SPL pada dua frekuensi uji

Pada Gambar 4.2 diatas merupakan perbandingan antara dua grafik kondisi pengukuran pada dua frekuensi berbeda, yaitu 1000 Hz dan 4000 Hz. Pada grafik tersebut dapat dilihat ketika frekuensi uji 1000 Hz terjadi penurunan SPL di hampir semua titik, namun pada frekuensi uji 4000 Hz grafik antara dua kondisi tidak berbeda jauh. Nilai SPL yang turun hanya terjadi di beberapa titik pada frekuensi ini. Hal ini sesuai dengan hasil perhitungan nilai koefisien absorpsi diatas, dimana nilai koefisien

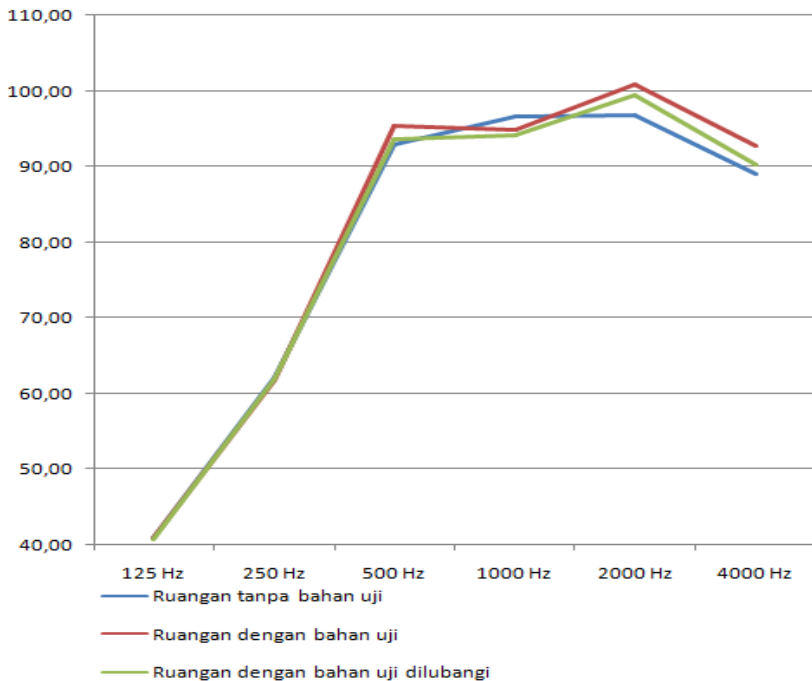
absorpsi bahan uji pada frekuensi 1000 Hz lebih tinggi daripada nilai koefisien absorpsinya pada frekuensi 4000 Hz.

Dapat dilihat pada grafik-grafik yang telah dibuat dari data yang telah didapatkan bahwa pola sebaran bunyi pada frekuensi 500 Hz, 1000 Hz dan 2000 Hz memiliki daerah sebaran dalam rentang yang sama. Sedangkan pada frekuensi 125 Hz, 250 Hz dan 4000 Hz cenderung memiliki rentang daerah sebaran bunyi sendiri atau terpisah satu dengan lainnya. Pada frekuensi 125 Hz cenderung berada di nilai SPL rendah kemudian diikuti dengan frekuensi 250 Hz dan 4000 Hz, di atasnya lagi adalah rentang SPL tempat tiga frekuensi lainnya berada.

Dengan bentuk resonator seperti bahan uji yang dipakai pada pengukuran ini didapatkan pola sebaran bunyi yang bervariasi pada setiap titik ujinya. Pola sebaran bunyi cenderung acak pada tiap frekuensi. Ketika diberikan lubang pada bahan uji yang kita gunakan, didapatkan grafik sebaran yang lebih merata daripada sebelumnya. Tetapi nilai SPL nya cenderung lebih rendah dari sebelumnya, namun pada frekuensi tinggi yaitu 4000 Hz tidak mengalami penurunan di semua titik uji. Hanya pada titik uji 20° dan 160° saya mengalami cekungan pada grafik yang berarti nilai SPL pada kedua sudut tersebut melemah.

4.2.3 Frekuensi Resonansi

Frekuensi resonansi dapat kita lihat dengan cara membuat grafik dari data hasil pengukuran, seperti pada Gambar 4.3. Dimana nilai pada bahan uji yang diberi lubang lebih rendah dari nilai yang tidak diberi lubang, hal ini membuktikan apa yang tergambar pada grafik pola sebaran bunyi dimana bahan uji dengan lubang lebih menyerap bunyi. Jika kita lihat pada Gambar 4.3, pada frekuensi 500 Hz, 1000 Hz dan 2000 Hz terlihat nilai SPL untuk bahan berlubang lebih rendah dibandingkan yang tidak berlubang. Sesuai dengan hasil perhitungan koefisien absorpsi dimana bahan uji dengan lubang memiliki nilai α yang lebih besar dibandingkan sebelum diberi lubang pada ketiga frekuensi uji tersebut.



Gambar 4.3 Grafik frekuensi resonansi

Gambar garis berwarna hijau untuk bahan uji dengan variasi lubang, sedangkan gambar garis berwarna merah adalah bahan uji yang belum diberi lubang.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data, dasar teori, dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Untuk bahan uji tanpa lubang pada frekuensi 125 Hz dan 250 Hz memiliki nilai α yang paling besar, yaitu 0,31 dan 0,42. Sedangkan untuk bahan uji yang diberi lubang memiliki nilai α paling besar pada frekuensi 250 Hz dan 1000 Hz, pada kedua frekuensi tersebut memiliki nilai 0,53.
2. Pada pola sebaran bunyi terdapat perbedaan yang mencolok pada frekuensi 125 Hz, 250 Hz dan 4000 Hz. Dimana pada frekuensi rendah cenderung menyerap bunyi, sedangkan pada frekuensi tinggi yaitu 4000 Hz terjadi perubahan yang acak pada tiap variasi keadaan.
3. Frekuensi resonansi yang didapatkan pada kondisi bahan diberi lubang maupun belum diberi lubang adalah pada 2000 Hz.

5.2 Saran

Saran yang disampaikan penulis jika akan diadakan penelitian lebih lanjut terkait panel berbahan dasar tempurung kelapa dengan bentuk *square mozaik*, akan lebih baik jika bahan dasar tersebut dalam pembuatannya menggunakan jasa pengrajin supaya dapat menghemat biaya, tenaga dan waktu serta mendapatkan hasil yang sesuai.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- D'Antonio P, TJ Cox. 2004. *“Acoustic absorber and diffuser: theory, design and application”*. Spoon Press. London.
- Dolle, L.L. 1993. *“Akustik Lingkungan”*(terjemahan Lea Prasetyo). Erlangga. Jakarta.
- Dwiyanti, Evi. 2017. *“Studi Awal Pengukuran Koefisien Hamburan dan Pola Hamburan Concave-Convex Difuser dari Tempurung Kelapa Muda”*. Jurusan Fisika ITS. Surabaya.
- Indrawati, Susilo. 2016. *“Innovative Coco Shell Resonator (CSR) Panels for Acoustic Performance”*. Volume 170 Pages 293-298.
- Irwan, Yusril. 2013. *“Pembuatan Dan Uji Karakteristik Akustik Komposit Papan Serat Sabut Kelapa”*. Institut Teknologi Nasional Bandung. Bandung.
- Mediastika, Christina E. 2005. *“Akustika Bangunan: Prinsip-prinsip dan Penerapannya di Indonesia”*. Erlangga. Jakarta.
- Prasetyo, Lea. 2003. *“Akustik”*. Diktat Jurusan Fisika FMIPA ITS. Surabaya.
- Putri, Margiasih. 2015. *“Analisis Perbandingan Material Akustik Serbuk Kulit Kerang Hijau (Perna Viridis) Serta Agent Foam Untuk Peningkatan Insulasi Dan Daya Absorpsi Bunyi”*. Jurusan Fisika ITS. Surabaya.
- Unsari, Yuanzah. 2008. *“Pemanfaatan Sabut Kelapa Dan Jerami Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Absorber Bunyi”*. Jurusan Fisika ITS. Surabaya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A DATA HASIL PENGUKURAN

1. Data dan Hasil Perhitungan Koefisien Absorpsi

Tabel A.1 Data α bahan uji

Freq.	SPL Max	SPL Min	α
125	124,9	104,2	0,31
250	127,6	110,3	0,42
500	127,2	90,6	0,06
1000	128,4	104,4	0,22
2000	125,6	84,0	0,03
4000	127,8	88,6	0,04

Tabel A.2 Data α bahan uji diberi lubang

Freq.	SPL Max	SPL Min	α
125	125,2	91,2	0,08
250	127,5	112,9	0,53
500	127,5	98,3	0,12
1000	128,3	121,8	0,53
2000	126,6	96,8	0,13
4000	127,6	95,5	0,09

2. Data Pola Hamburan Bunyi

Tabel A.3 Data pengukuran SPL ruangan tanpa bahan uji

Sudut	SPL (dB)					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0°	42,2	62,5	86,1	93,3	94,7	78,8
10°	41,9	63,8	89,3	95,4	84,9	76,7
20°	41,1	63,6	91,6	98,1	91,6	79,1
30°	41,1	63,2	93,7	96,6	92,2	77,8
40°	42,6	64,1	96,2	94,2	94,4	77,2
50°	44,7	63,6	93,5	97,4	93,3	78,8
60°	45,4	63,7	96,4	102,3	95,4	82,7
70°	46,3	65,8	98,4	102,3	97,7	84,6
80°	46,3	67,9	98,3	102,0	100,9	88,6
90°	40,9	62,2	92,9	96,6	96,8	88,9
100°	47,5	65,3	96,3	102,3	102,8	93,4
110°	47,6	61,1	98,0	103,4	101,3	89,0
120°	47,8	59,6	97,6	102,5	98,6	83,7
130°	46,7	62,1	91,3	97,6	96,8	85,2
140°	45,5	62,8	96,3	97,8	96,8	82,7
150°	43,4	62,1	95,5	96,8	94,4	78,3
160°	41,2	62,0	92,4	98,1	95,0	80,3
170°	40,0	62,6	91,4	93,5	92,7	75,8
180°	38,8	63,5	84,3	92,5	92,4	82,6

Tabel A.4 Data pengukuran SPL ruangan dengan bahan uji

Sudut	SPL (dB)					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0°	40,9	60,0	92,5	92,3	94,6	80,2
10°	41,6	61,9	92,9	95,6	84,8	78,2
20°	39,1	62,5	87,7	98,1	92,9	79,2
30°	41,0	62,9	94,1	96,2	91,0	78,6
40°	43,4	64,9	96,9	95,2	94,3	71,2
50°	44,6	65,2	96,4	96,6	94,2	73,8
60°	46,0	64,1	92,3	100,9	92,2	82,8
70°	46,9	66,0	97,5	103,5	94,0	86,1
80°	46,2	67,8	100,5	98,0	103,3	80,0
90°	40,8	61,9	95,4	94,9	100,9	92,7
100°	47,5	63,8	100,0	99,4	103,6	87,3
110°	47,3	58,5	99,5	103,6	98,7	89,7
120°	47,8	60,2	96,4	102,8	99,9	87,1
130°	46,5	63,9	93,6	98,2	96,9	81,6
140°	45,4	63,4	97,4	97,4	98,1	84,3
150°	42,9	59,7	97,6	97,4	94,9	81,9
160°	42,4	59,9	91,7	99,5	95,5	82,8
170°	39,0	61,9	91,7	93,0	93,3	80,8
180°	44,6	63,5	92,7	93,3	93,2	81,5

Tabel A.5 Data pengukuran SPL ruangan dengan bahan uji
diberi lubang

Sudut	SPL (dB)					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0°	35,1	53,0	83,5	86,8	87,2	74,7
10°	35,4	54,4	83,2	87,4	79,2	73,1
20°	35,1	54,4	81,6	90,4	83,4	59,4
30°	35,8	54,4	86,1	87,9	86,3	68,0
40°	36,7	56,6	87,1	86,5	88,3	71,7
50°	38,2	57,3	86,1	91,4	83,9	77,9
60°	39,4	57,0	86,2	94,2	92,1	80,9
70°	40,5	58,9	88,6	96,6	90,5	84,6
80°	41,3	61,0	91,2	93,1	98,0	84,6
90°	40,7	61,8	93,6	94,1	99,4	90,3
100°	39,9	61,0	91,2	93,1	98,0	84,6
110°	41,4	58,9	88,6	96,6	90,5	84,7
120°	39,3	57,0	86,2	94,2	92,1	80,9
130°	38,6	57,3	86,1	91,4	83,9	77,9
140°	36,4	56,6	87,1	86,5	88,3	71,8
150°	35,2	54,4	86,1	87,9	86,3	67,9
160°	35,7	54,4	81,6	90,4	83,5	59,3
170°	34,6	54,4	83,2	87,4	79,2	73,1
180°	35,1	53,0	83,5	86,8	87,2	74,8

3. Data Frekuensi Resonansi

Tabel A.6 Data pengukuran frekuensi resonansi tanpa bahan uji

Freq.	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
SPL (dB)	40,9	62,2	92,9	96,6	96,8	88,9

Tabel A.7 Data pengukuran frekuensi resonansi bahan uji

Freq.	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
SPL (dB)	40,8	61,9	95,4	94,9	100,9	92,7

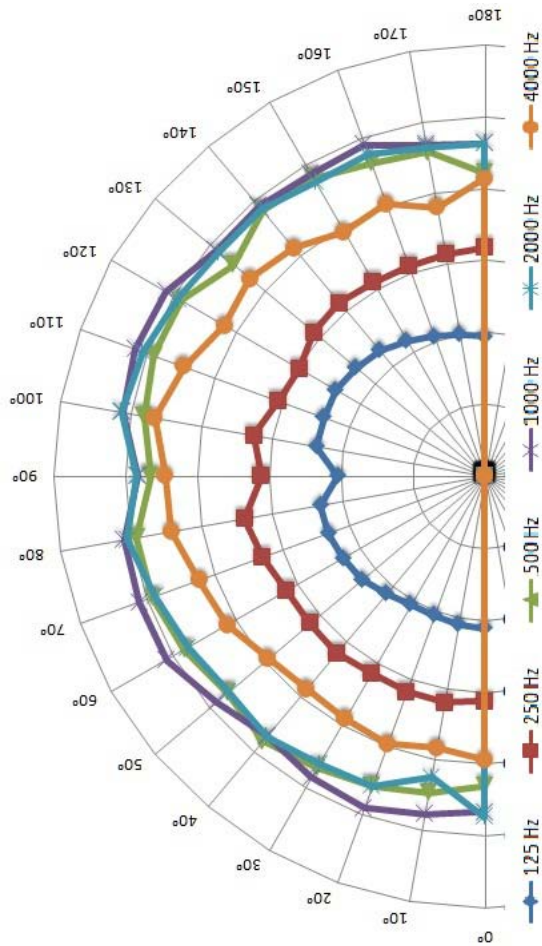
Tabel A.8 Data pengukuran frekuensi resonansi bahan uji
diberi lubang

Freq.	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
SPL (dB)	40,7	61,8	93,6	94,1	99,4	90,3

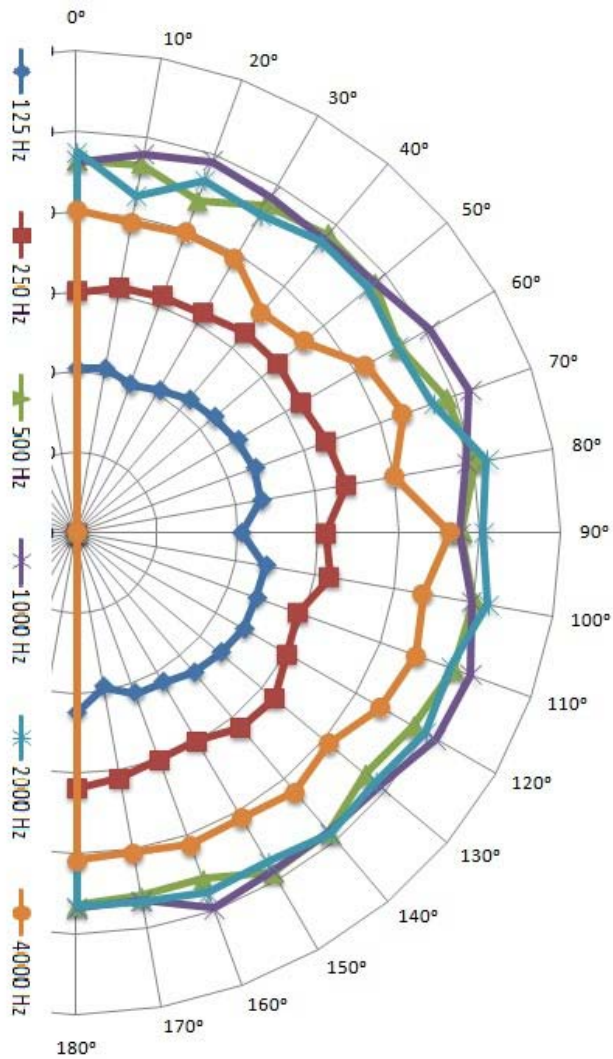
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN B GRAFIK

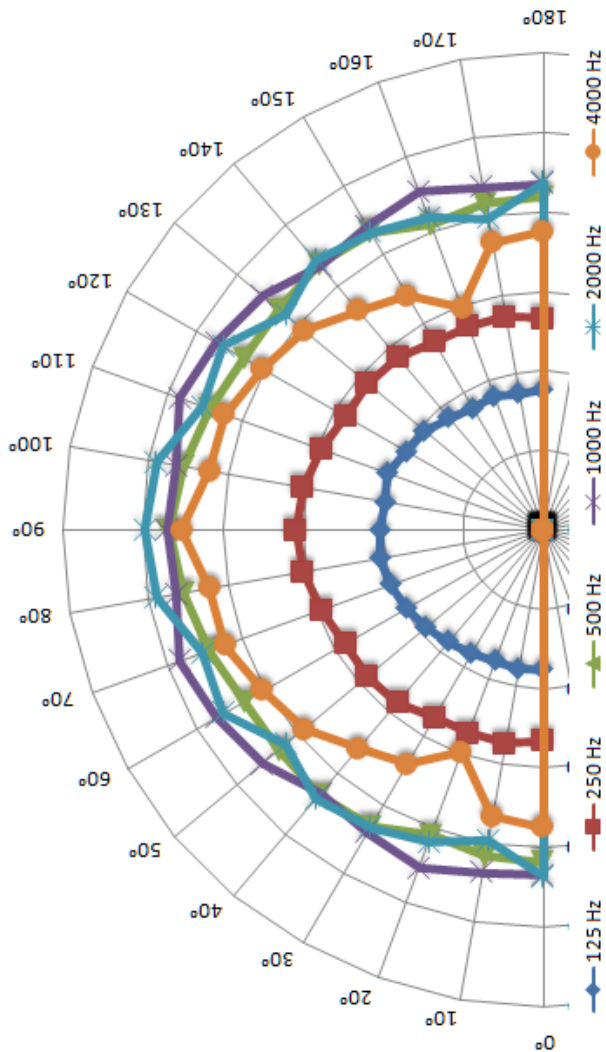
1. Grafik Sebaran Bunyi



Gambar B.1 Grafik sebaran SPL dalam ruangan tanpa bahan uji

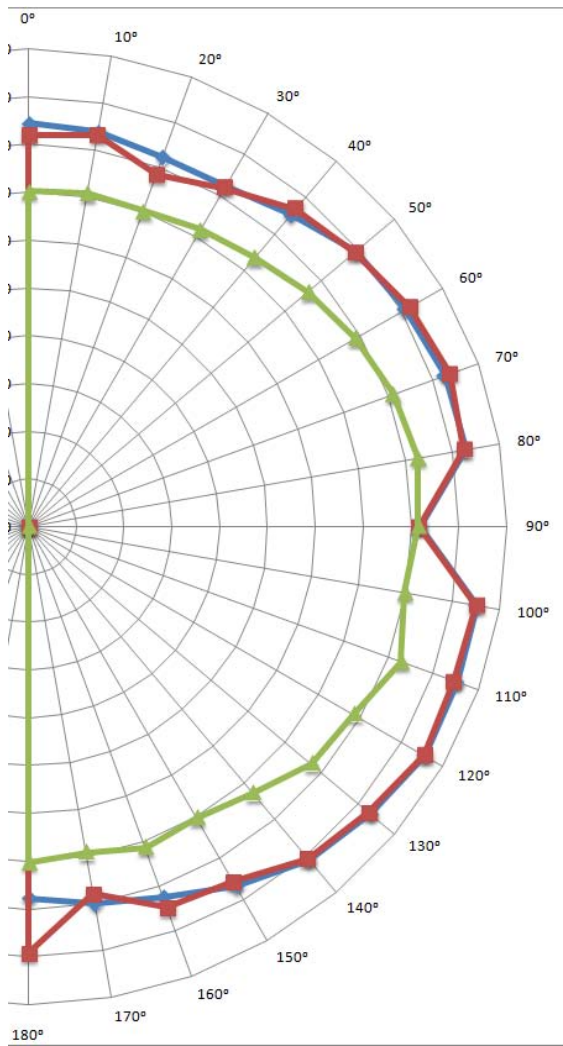


Gambar B.2 Grafik sebaran SPL dalam ruangan dengan bahan uji

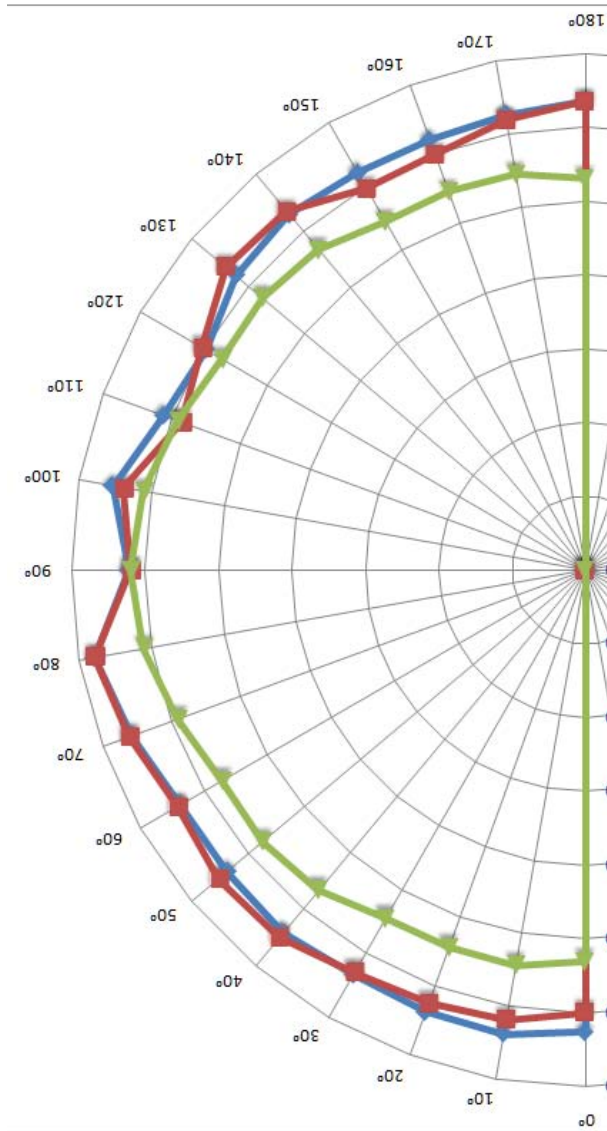


Gambar B.3 Grafik sebaran SPL dalam ruangan dengan bahan uji diberi lubang

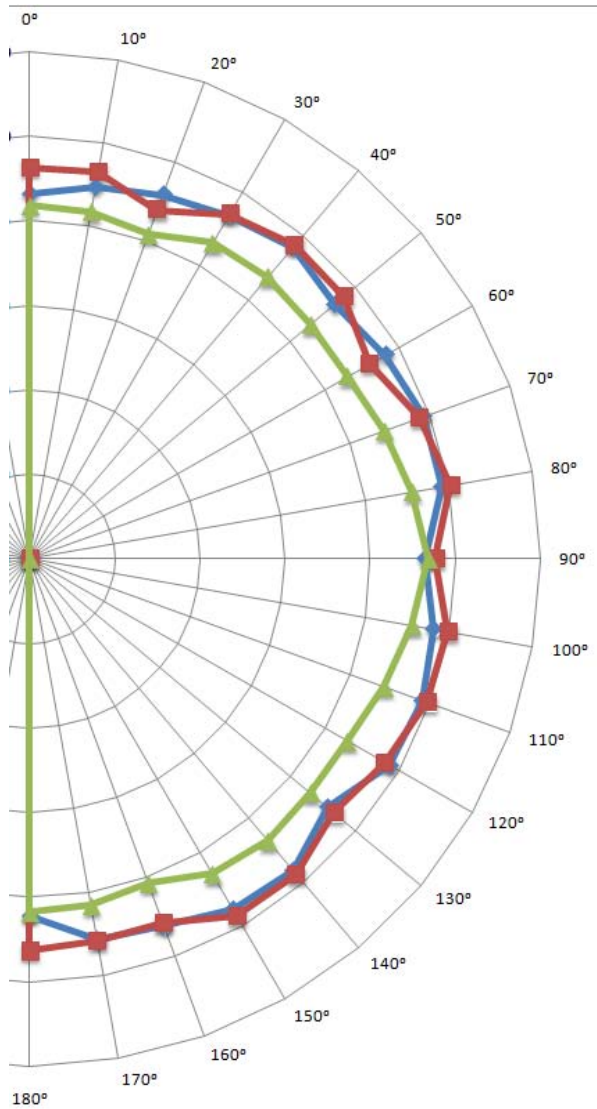
2. Grafik Perbandingan Tiap Frekuensi



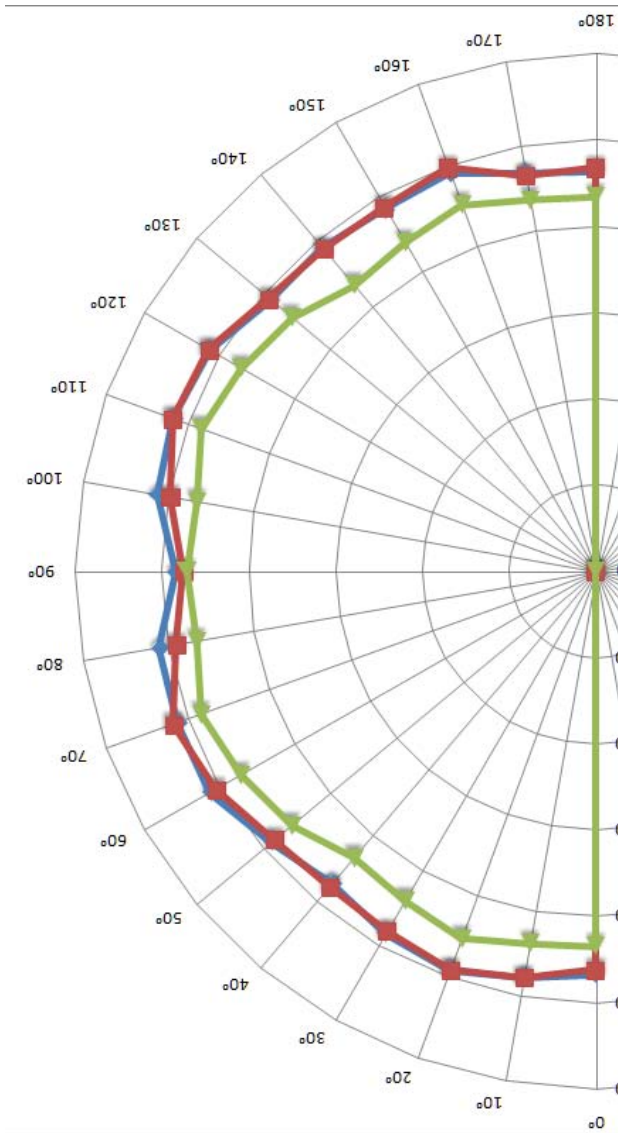
Gambar B.4 Grafik perbandingan frekuensi 125 Hz



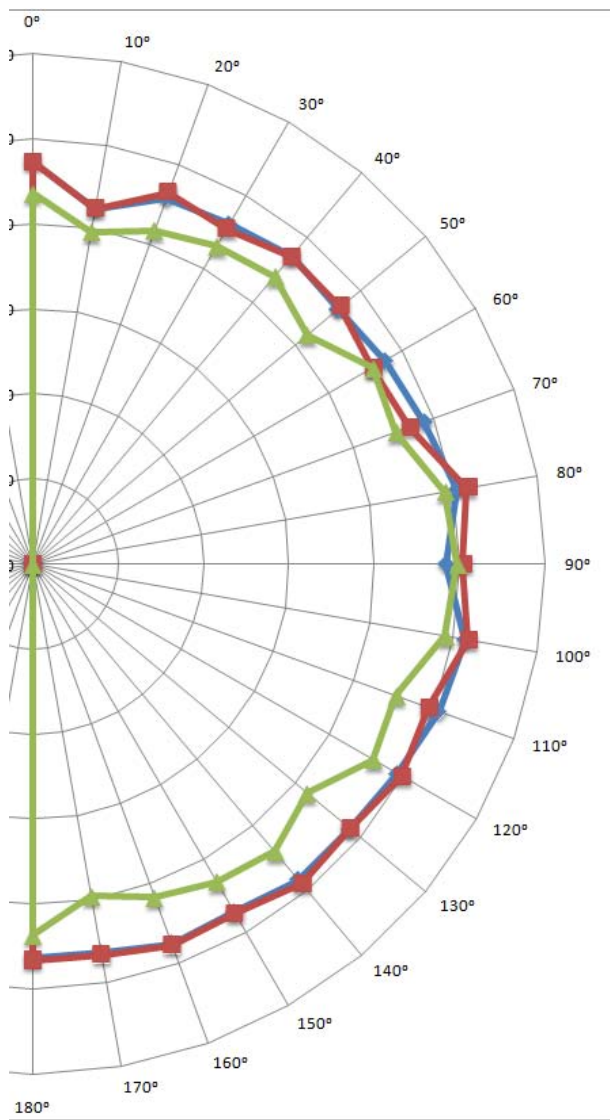
Gambar B.5 Grafik perbandingan frekuensi 250 Hz



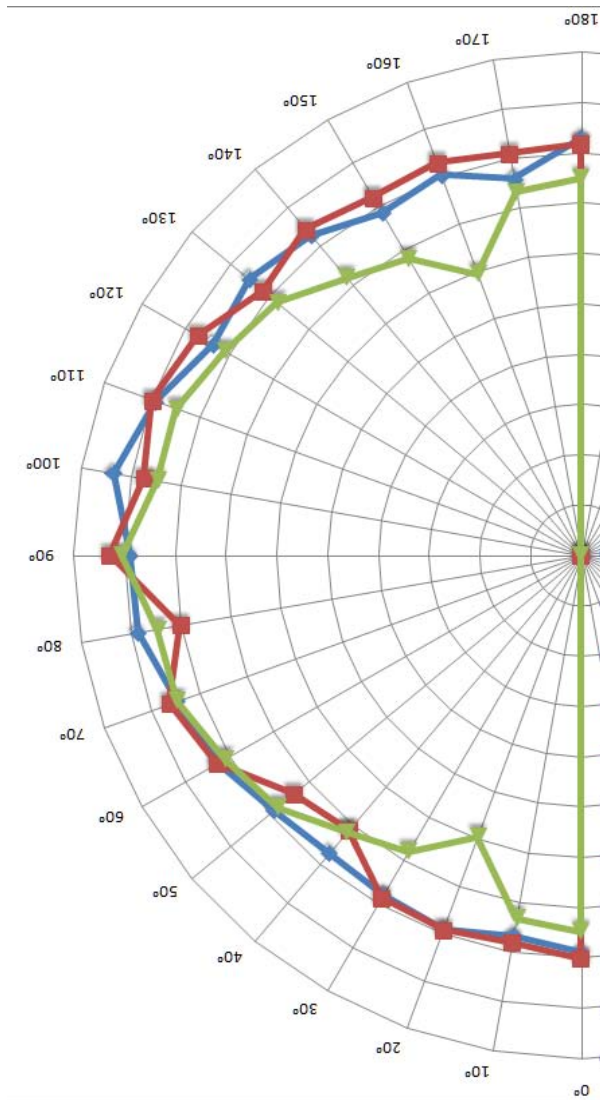
Gambar B.6 Grafik perbandingan frekuensi 500 Hz



Gambar B.7 Grafik perbandingan frekuensi 1000 Hz



Gambar B.8 Grafik perbandingan frekuensi 2000 Hz



Gambar B.9 Grafik perbandingan frekuensi 4000 Hz

3. Grafik Frekuensi Resonansi



Gambar B.10 Grafik frekuensi resonansi

LAMPIRAN C

PENURUNAN RUMUS α

I. Hubungan Koefisien Absorpsi Bunyi Normal Dengan Impedansi Akustik

Tekanan gelombang yang datang dari kiri ke kanan pada permukaan batas dua amedium dinyatakan oleh:

$$P_i = A_i e^{j(\omega t - k_1 x)}, \dots \dots \dots (I.1)$$

Sedang tekanann gelombang refleksi:

$$P_r = A_r e^{j(\omega t + k_1 x)}, \dots \dots \dots (I.2)$$

Dan gelombang yang ditransmisikan:

$$P_t = A_t e^{j(\omega t - k_2 x)}, \dots \dots \dots (I.3)$$

Dimana A_i , A_r , dan A_t adalah amplitudo gelombang datang, refleksi, dan tranmisi.

Pada bidang batas($x=0$),berlaku:

$$P_t = P_i + P_r \dots \dots \dots (I.4)$$

$$A_t e^{j(\omega t - k_2 x)} = A_i e^{j\omega t} + A_r e^{j\omega t} \dots \dots \dots (I.5)$$

$$A_t = A_i + A_r$$

Kecepatan partikel gelombang datang, refleksi, dan transmisi dinyatakan sebagai:

$$U_i = \frac{P_i}{\rho_1 c_1}, \quad U_r = \frac{P_r}{-\rho_1 c_1}, \quad U_t = \frac{P_t}{\rho_2 c_2}, \dots \dots (I.6)$$

Pada bdang batas($x=0$) berlaku;

$$U_i = U_r + U_t \dots \dots \dots (I.7)$$

Substitusi persamaan (I.6) ke persamaan (I.7); diperoleh:

$$\frac{P_i}{\rho_1 c_1} - \frac{P_r}{\rho_1 c_1} = \frac{P_t}{\rho_2 c_2} \dots \dots \dots (I.8)$$

Substitusi harga P_i , P_r , dan P_t dari persamaan (I.1), (1,2), dan (I.3) ke dalam persamaan (I.8) untuk $x=0$, maka persamaan (I.8) menjadi:

$$\frac{A_i}{\rho_1 c_1} - \frac{A_r}{\rho_1 c_1} = \frac{A_t}{\rho_2 c_2} \dots \dots \dots (I.9)$$

Substitusi harga A_t dari persamaan (I.5) ke persamaan (I.9), kemudian ruas kiri dan kanan dikalikan dengan $\rho_1 c_1 \rho_2 c_2$, diperoleh:

$$\begin{aligned} A_i \rho_2 - A_r \rho_2 c_2 &= (A_i + A_r) \rho_1 c_1 \\ A_r (\rho_2 c_2 + \rho_1 c_1) &= A_i (\rho_2 c_2 - \rho_1 c_1) \end{aligned}$$

Atau:

$$\begin{aligned} \frac{A_r}{A_i} &= \frac{(\rho_2 c_2 - \rho_1 c_1)}{(\rho_2 c_2 + \rho_1 c_1)} \dots \dots \dots (I.10) \\ E_i &= \frac{A_i^2}{\rho c} \quad \text{dan} \quad E_r = \frac{A_r^2}{\rho c}, \end{aligned}$$

Sehingga koefisien refleksi:

$$R = \frac{E_r}{E_i} = \frac{A_r^2}{A_i^2} \dots \dots \dots (I.11)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (I.10) ke persamaan (I.11), maka diperoleh koefisien koefisien bunyi pantul:

$$R = \frac{(\rho_2 c_2 - \rho_1 c_1)^2}{(\rho_2 c_2 + \rho_1 c_1)^2} = \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{(Z_2 + Z_1)^2} \dots \dots \dots (I.12)$$

Dengan mengeleminasi harga $A_r = A_t - A_i$ ke persamaan (I.9), kemudian ruas kiri dan kanan dikalikan dengan $\rho_1 c_1 \rho_2 c_2$, maka diperoleh:

$$\begin{aligned} \rho_2 c_2 A_i - (A_t - A_i) \rho_2 c_2 &= \rho_1 c_1 A_t \\ A_t (\rho_1 c_1 + \rho_2 c_2) &= 2 \rho_2 c_2 A_i \\ \frac{A_t}{A_i} &= \frac{(2 \rho_2 c_2)}{(\rho_2 c_2 + \rho_1 c_1)} \dots \dots \dots (I.13) \end{aligned}$$

Dengan mengingat $E_t = \frac{A_t^2}{\rho_2 c_2}$,

Maka koefisien transmisi :

$$T = \frac{E_t}{E_i} = \frac{\frac{A_t^2}{\rho_2 c_2}}{\frac{A_i^2}{\rho_2 c_2}}$$

Atau:

$$T = \frac{\rho_1 c_1}{\rho_2 c_2} = \frac{A_t^2}{A_i^2} \dots \dots \dots (I.14)$$

Substitusi persamaan (I.13) ke persamaan (I.14), diperoleh:

$$T = \frac{4\rho_1 c_1 \rho_2 c_2}{(\rho_1 c_1 + \rho_2 c_2)^2}$$

$$T = \frac{4z_1 z_2}{(z_1 + z_2)^2}$$

Bagian yang ditransmisikan ini akan habis pada ketebalan bahan yang tak terhingga, sehingga dalam hal ini koefisien absorpsi normalnya:

$$\alpha_n = \frac{4z_1 z_2}{(z_1 + z_2)^2} \dots \dots \dots (I.15)$$

Bila medium pertama udara, maka rumus (I.15) diatas menjadi:

$$\alpha_n = \frac{4\rho_0 c_1 z_2}{(\rho_0 c_1 + z_2)^2} \dots \dots \dots (I.16)$$

Karena $\alpha = 1 - R$, maka dengan substitusi persamaan (I.12) ke $\alpha_n = 1 - R$ dihasilkan rumus koefisien absorpsi normal dalam bentuk lain, yaitu:

$$\alpha_n = 1 - \left| \frac{Z_2 - \rho_0 c_1}{\rho_0 c_1 + Z_2} \right|^2 \dots \dots \dots (I.17)$$

Dengan

Z_1 = impedansi akustik medium pertama, dalam hal ini adalah udara, sehingga $z_1 = \rho_0 c_1$ dengan ρ_0 adalah kerapatan udara, dan c_1 cepat rambat bunyi di udara.

Z_2 = impedansi akustik medium kedua yaitu bahan yang mempunyai koefisien absorpsi normal α_n .

II. Kecepatan Partikel Dan Tekanan Gelombang Bunyi Di Dalam Tabung

Perambatan gelombang bunyi di dalam tabung tertutup dapat dipelajari dengan mengambil contoh tabung tertutup yang salah satu ujungnya ditutup dengan piston yang dapat berosilasi sebagai pembangkit gelombang.

Misalkan gelombang yang dihasilkan merambat sepanjang sumbu x , maka persamaan diferensial kecepatan partikel gelombang satu dimensi adalah:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{1}{c} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \dots\dots\dots (II.1)$$

Dengan c adalah kecepatan rambat gelombang bunyi. Sehingga solusi dari persamaan (II.1) adalah:

$$P_i = A \sin(\omega t + kx) \dots\dots\dots (II.2)$$

Dengan A merupakan Amplitudo gelombang datang yang mempunyai $\omega = 2\pi f$. Dan bila ada gelombang yang dipantulkan maka:

$$P_r = B \sin(\omega t - kx - kl - \theta) \dots\dots\dots (II.3)$$

Maka diperoleh tekanan bunyi total di titik M (ujung probe mikrofon) adalah

$$P = A \sin(\omega t + kx) + B \sin(\omega t - kl - kx - \theta) \dots\dots (II.4)$$

Besarnya tekanan gelombang bunyi total tersebut dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

Dimisalkan:

$$\vec{A} = A \sin(\omega t + kx)$$

$\vec{B} = B \sin(\omega t - kl - kx - \theta)$, maka penjumlahan vektornya adalah:

$$\vec{P} = \vec{A} + \vec{B}$$

Sehingga

$$\begin{aligned} |\vec{P}|^2 &= |\vec{A} + \vec{B}|^2 = A^2 + B^2 + 2AB\cos\alpha \\ &= A^2 + B^2 + 2AB\cos[(wt + kx) - (wt - kl - kx - \theta)], \end{aligned}$$

maka

$$|\vec{A} + \vec{B}|^2 = A^2 + B^2 + 2AB\cos(2kx + kl + \theta)$$

Dengan α = beda fasa antara \vec{A} dan \vec{B}

Dengan demikian

$$|\vec{P}| = [A^2 + B^2 + 2AB\cos(2kx + kl + \theta)]^{1/2} \dots\dots(II.5)$$

Maka dari persamaan(II.5) Terlihat bahwa tekanan bunyi maksimum terjadi bila harga $\cos(2kx + kl + \theta) = 1$, sehingga:

$$P_{max} = [A^2 + B^2 + 2AB]^{1/2} = A + B \dots\dots\dots(II.6)$$

Tekanan minimum terjadi bila harga $(2kx + kl + \theta) = -1$ dan:

$$P_{min} = [A^2 + B^2 - 2AB]^{1/2} = A - B \dots\dots\dots(II.7)$$

Dengan A=amplitude gelombang datang, dan B=amplitude gelombang pantul.

Bila P_{min} ditambahkan ke P_{max} , maka:

$$P_{min} + P_{max} = 2A$$

Atau

$$A = 1/2(P_{min} + P_{max}) \dots\dots\dots(II.8)$$

Bila P_{min} dikurangkan ke P_{max} , maka:

$$P_{min} - P_{max} = 2B$$

Atau

$$B = 1/2(P_{min} - P_{max}) \dots\dots\dots(II.9)$$

Diketahui bahwa rumus koefisien absorpsi normal adalah:

$$\alpha_n = \frac{A^2 - B^2}{A^2} \dots \dots \dots (II.10)$$

Substitusi harga A dan B dari persamaan (II.8) dan (II.9) ke (II.10),
Maka didapatkan:

$$\alpha_n = \frac{[1/2(P_{min} + P_{max})]^2 - [1/2(P_{min} - P_{max})]^2}{[1/2(P_{min} + P_{max})]^2}$$

$$\alpha_n = \frac{P_{max}^2 + 2P_{max} P_{min} + P_{min}^2 - P_{max}^2 + 2P_{max} P_{min} - P_{min}^2}{[(P_{min} + P_{max})]^2}$$

$$\alpha_n = \frac{4P_{max} P_{min}}{[(P_{min} + P_{max})]^2} \dots \dots \dots (II.11)$$

III. Hubungan Koefisien Absorpsi Normal Dengan Perbedaan Level Tekanan Bunyi Maksimum Dan Minimum

Koefisien Absorpsi Normal Bunyi:

$$\alpha_n = \frac{A^2 - B^2}{A^2} = 1 - \frac{B^2}{A^2} \dots \dots \dots (III.1)$$

Dari penjelasan akustik telah diketahui bahwa:

$$L_p = 20 \log \frac{P}{P_{ref}} \text{dB} \dots \dots \dots (III.2)$$

$$L_{p_{max}} - L_{p_{min}} = 20 \log \frac{P}{P_{ref}}$$

$$\frac{P_{max}}{P_{min}} = \log^{-1} \left(\frac{L_{p_{max}} - L_{p_{min}}}{20} \right)$$

Bila dituliskan, $L = (L_{p_{max}} - L_{p_{min}})$

$$\frac{P_{max}}{P_{min}} = \log^{-1} \left(\frac{L}{20} \right) \dots \dots \dots (III.3)$$

Dengan L adalah perbedaan tingkat tekanan bunyi maksimum dan minimum. Substitusi $P_{max} = A + B$ dan $P_{min} = A - B$ ke persamaan (III.3), maka diperoleh:

$$\frac{A + B}{A - B} = \log^{-1} \left(\frac{L}{20} \right)$$

Atau:

$$\frac{\left(\frac{1+B}{A} \right)}{\left(\frac{1-B}{A} \right)} = \log^{-1} \left(\frac{L}{20} \right)$$

$$\frac{B}{A} (1 + \log^{-1} \left(\frac{L}{20} \right)) = \log^{-1} \left(\frac{L}{20} \right) - 1$$

Selanjutnya dapat ditulis:

$$\left(\frac{B}{A}\right)^2 = \left\lceil \frac{(\log^{-1}(\frac{L}{20})-1)}{(\log^{-1}(\frac{L}{20})+1)} \right\rceil \dots\dots\dots(III.4)$$

Dengan mensubtitusikan persamaan (III.3) ke (III.1). maka:

$$\alpha_n = 1 - \left\lceil \frac{B}{A} \right\rceil^2$$

Sehingga diperoleh:

$$\alpha_n = 1 - \left\lceil \frac{(\log^{-1}(\frac{L}{20})-1)}{(\log^{-1}(\frac{L}{20})+1)} \right\rceil^2 \dots\dots\dots(III.5)$$

BIOGRAFI PENULIS



Awang Krisnha Tirta Pamungkas, lahir pada 3 Agustus 1994 di Surabaya, Jawa Timur. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan bapak Suwandi,S.Si dan ibu Agustine Maria. Pendidikan yang pernah ditempuh antara lain TK Budi Luhur Surabaya, SDN Kedung Anyar Sawahan IV Surabaya, SMPN 25 Surabaya, SMAN 11 Surabaya. Pada tahun 2011 meneruskan pendidikan Strata 1 (S1) di Departemen

Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Selama menempuh pendidikan sebagai mahasiswa, penulis aktif pada kegiatan-kegiatan pengabdian masyarakat.

Harapan pribadi dari penulis adalah dapat mengenalkan ilmu fisika pada masyarakat umum sebagai disiplin ilmu yang bisa di terapkan di berbagai bidang.

Penulis sangat terbuka dengan kritik dan saran yang bersifat membangun, jika ada yang ingin di sampaikan terkait tulisan ini silahkan email awang.krisnha@gmail.com.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”